



Estrategias docentes colaborativas basadas en la utilización de laboratorios remotos via internet

DOMINGUEZ GONZÁLEZ, Manuel⁽¹⁾; FUERTES MARTINEZ, Juan José⁽¹⁾; REGUERA ACEVEDO, Perfecto⁽¹⁾;
DIEZ GONZÁLEZ, Alberto B.⁽²⁾; ROBLES ALVAREZ, Antonio⁽²⁾; SIRGO BLANCO, José A.⁽²⁾

⁽¹⁾Universidad de LEÓN, España, Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, e-mail: diemdg@unileon.es

⁽²⁾Universidad de OVIEDO, España, Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Electrónica de Computadores y de Sistemas, e-mail: alberto@isa.uniovi.es

Recibido el 13 de Abril de 2006; Aceptado el 19 de Mayo de 2006

RESUMEN

En este trabajo, se presenta una nueva estrategia para la formación de carácter tecnológico basada en la utilización, de forma amplia y colaborativa, de la plataforma tecnológica desarrollada por el Grupo de Automática de la Universidad de León que, junto con una serie de equipos industriales, constituye el Laboratorio Remoto de Automática (<http://www.lra.unileon.es>). Sobre esta plataforma, se incorporan dos maquetas industriales de procesos situadas respectivamente en las áreas de Ingeniería de Sistemas y Automática de las Universidades de León y Oviedo. Con esta infraestructura, lo que se pretende es, no sólo facilitar el acceso de los alumnos a una serie de sistemas físicos, de forma remota mediante la utilización de Internet, sino también que el profesor tenga acceso de forma interactiva y cotidiana en las clases de teoría, con lo que se logra la integración de la práctica con las exposiciones teóricas. La utilización de las TIC's como base del Laboratorio Remoto ha permitido la integración de audio, video, texto, gráficos, documentos, transparencias, etc. y su enlace con programas de cálculo de uso habitual en las disciplinas de Automática.

Palabras clave: Laboratorio Remoto, Internet, e-learning, maquetas industriales de procesos, Sistemas de control, PLCs.

ABSTRACT

In this paper, a new approach for technological education is presented. This approach is based on the widespread and collaborative use of the technological platform developed by the Automatics Group of the University of León which, along with industrial equipment, constitutes the Remote Laboratory of Automatics (<http://www.lra.unileon.es>). Two industrial process scale models, located in the Systems and Automatics Engineering areas at the Universities of Oviedo and León, have been incorporated to this platform. The aim of this infrastructure is not only to ease the remote access of the students to a series of physical systems using the Internet. Teachers can also access during their theoretical lessons, on a daily basis, to those interactive systems, so that an integration of practical and theoretical teaching is achieved. The use of ICTs as the basis of the Remote Laboratory allow teachers to integrate audio, video, text, graphics, documents, multimedia presentations, and so on, and link it with the common calculation software employed in Automatics subjects.

Key words: Remote Laboratory, Internet, e-learning, industrial process scale models, Control systems, PLCs.

1. Introducción

Asistimos en los últimos tiempos, como consecuencia de la declaración de Bolonia, a toda una serie de propuestas encaminadas hacia la consecución del denominado Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES) y cuya meta final es la llamada Europa del Conocimiento. Todas esas propuestas deben tener como objetivos preferentes, no solo la homologación de titulaciones con estructuras académicas similares, créditos ECTS, movilidad de los estudiantes, etc., sino también la cooperación entre las Universidades Europeas, el desarrollo de sinergias entre el EEES y el Espacio Europeo de Investigación (ERA), el desarrollo de titulaciones conjuntas, tanto de grado como de postgrado y, por supuesto, el establecimiento de un nuevo modelo de relación en el denominado binomio aprendizaje(alumno)-enseñanza (profesor). En este binomio, las nuevas tecnologías van a tener que jugar un papel cada vez más importante si lo que se pretende es conseguir “una mayor implicación de los alumnos en su propio proceso de aprendizaje” frente a la formación tradicional a la que estamos acostumbrados. Además, dicho binomio debe ofrecer sistemas que faciliten una formación de calidad y continuada a lo largo de su vida profesional y que pueda ser adaptada a los diferentes ritmos y necesidades de aprendizaje. Esto va a suponer la realización de una serie de reformas, en profundidad, tanto en las estructuras del sistema educativo universitario superior y en la metodología utilizada, como en los contenidos teóricos, prácticos y, por su parte, en las formas de transmisión del saber y de interrelación con los alumnos [1].

Ahora bien, cuando nos situamos en el campo de la formación en disciplinas de carácter tecnológico, y, más concretamente, en el de la Ingeniería Industrial, a las dificultades propias de las reformas que traerán consigo los planteamientos citados anteriormente, se unen las problemáticas que caracterizan este tipo de estudios [2]. Dichas problemáticas están vinculadas, por una parte, a la propia extensión de los planes docentes y, por otra, a los requerimientos de manejo de equipos, instrumentos, sistemas, tecnologías e instalaciones industriales complejas. Este último aspecto obliga a utilizar equipamientos muy costosos y que, en muchas ocasiones, no están disponibles en los laboratorios de los centros educativos.

Para soslayar, en la medida de lo posible, estos problemas, se ha recurrido con bastante asiduidad al uso de equipos didácticos de escala reducida que dan una relativa aproximación a la realidad industrial [3]. A medida que el abaratamiento en los equipos informáticos lo ha permitido, se ha evolucionado hacia el uso de programas de ordenador que permiten todo

tipo de cálculos y simulaciones, facilitando mucho la labor docente, ya que, con un coste más reducido, se puede tener un mayor número de puestos de laboratorio para los alumnos. Pero esta forma de proceder no da una idea de realidad completa cuando se trata de manejar tecnologías industriales a las que se enfrentarán el día de mañana (es necesario que los alumnos crezcan en su competencia profesional a lo largo de su proceso de aprendizaje). Con el desarrollo de los sistemas multimedia, los programas de simulación han evolucionado considerablemente, han mejorado los entornos gráficos, han incorporado imágenes y sonidos, tendiendo cada vez más hacia la denominada realidad virtual.

La expansión en la última década de las denominadas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC's) ha provocado cambios vertiginosos en los usos y costumbres de nuestra sociedad, destacando Internet como el fenómeno social por excelencia, sobre todo dentro del sector de población joven. Internet ha propiciado la aparición de nuevas formas y métodos en la organización del trabajo, del ocio, de las relaciones personales, etc., abriendo nuevos campos de aplicación y, sobre todo, generando y propiciando el desarrollo de una serie de tecnologías emergentes que cada vez son más cotidianas e imprescindibles. Ahora bien, es quizás el campo de la formación en el que Internet puede tener en los próximos años un gran protagonismo y una fuerte expansión [4][5]. En efecto, Internet posee la cualidad, cada vez mas importante en el mundo tecnológico actual, de que los procesos de aprendizaje y formación a través del Web se pueden realizar de una forma flexible, dinámica e individualizada, independientemente del día, lugar y hora, y en tiempo real, lo cual ayuda a las personas y a las empresas a ser capaces de evolucionar ante los cambios tecnológicos tan vertiginosos que se están produciendo. Esto último es de sobra conocido hoy en día, ya que marca las diferencias de posición en un mercado cada vez más competitivo, en el que la tendencia es hacia la liberalización y la globalización [6].

Pero debemos ser conscientes de que la realidad tecnológica nos indica que falta mucho por hacer. Diferentes estudios realizados por organismos, fundaciones, etc., indican las grandes carencias en cuanto al uso, penetración, difusión, etc., de las TIC's y si nos ubicamos en el campo de la formación de carácter tecnológico todavía la problemática se agudiza más. Con el fin de paliar estas situaciones, la Comisión Europea ha planteado el desarrollo de diferentes estrategias y programas para fomentar el desarrollo del aprendizaje abierto y a distancia, destacando el programa plurianual para la integración efectiva de las tecnologías de la información y las comunicaciones en

los sistemas de educación y formación en Europa e-learning en el que uno de sus apartados lo constituyen los denominados campus virtuales Europeos [7][8].

En este sentido, se presenta en este artículo una nueva estrategia para la formación de carácter tecnológico. El proyecto es parte de un desarrollo más amplio, que comenzó hace ya unos años, y se basa en el diseño e implementación de equipos específicos de prácticas basados en sistemas industriales a los que se puede tener acceso vía Internet. El fin es facilitar la utilización de estos equipos a las personas (profesores, alumnos, trabajadores, profesionales, etc.) de la forma más fácil y flexible, sin restricciones de horarios, manejando instalaciones reales complejas y costosas y en las que se pueda “interactuar sobre ellas de forma real y no simulada”, dando lugar a los denominados Laboratorios Remotos Vía Internet [9][10][11][12][13]. Esto permite, por una parte, aumentar el grado de autonomía en la formación del alumno y, por otra, que el profesor posea nuevas metodologías docentes. El profesor puede hacer un uso intensivo y diario de este tipo de equipamientos al incorporarlos a las clases teóricas presenciales como un sistema real, fácilmente visualizable a través del ordenador o de cualquier sistema de videoproyección, sobre el que se dispone de una total interactividad. Además, dada su estructura abierta, flexible y modular, la interrelación con otros grupos de trabajo de otras universidades, que dispongan de equipamientos similares o idénticos, abre otros caminos a considerar en cuanto al trabajo colaborativo basado en el uso de equipos industriales deslocalizados.

2. Objetivos

En primer lugar, el objetivo marco del trabajo desarrollado consistió en validar la plataforma tecnológica del Laboratorio Remoto de Automática de la Universidad de León (desarrollada por el Grupo de Automática de dicha universidad) como una estructura multidisciplinar en la que, desde diferentes ámbitos académicos, pueden realizarse experiencias formativas basadas en el acceso remoto vía Internet a sistemas físicos constituidos por maquetas industriales de procesos.

En segundo lugar, otro objetivo importante es estudiar la viabilidad de la incorporación, en dicha plataforma, de equipos de prácticas externos al laboratorio y situados en instituciones académicas diferentes de la Universidad de León junto con sus contenidos docentes.

En tercer lugar, parece lógico pensar que un planteamiento tan novedoso como este va a suscitar en los usuarios, profesores

y alumnos, reacciones que deben ser evaluadas con el fin de tener una información más acorde tanto con la realidad tecnológica puesta a disposición, como con las necesidades docentes requeridas.

3. Descripción del Laboratorio

El núcleo central del laboratorio remoto está constituido, a nivel de campo, por sistemas físicos (maquetas industriales de procesos, accionamientos a frecuencia variable, sistemas de control de posición y velocidad, paneles domóticos, paneles electroneumáticos, etc.) ubicados en diferentes recintos (desde las instalaciones del Instituto de Automática y Fabricación de León hasta las aulas de prácticas de la Escuela de Ingenierías de León). Se ha recurrido al diseño de equipamientos específicos que aporten una visión más industrial de los procesos y que, a la vez, nos permitan, a través de la instrumentación que incorporan, disponer de señales de proceso reales. Las señales de proceso están disponibles de forma que cada sistema físico puede ser controlado desde un PLC, un DCS o una tarjeta de adquisición de datos + PC [14]. En la Figura 1, se muestra una vista parcial del laboratorio. Las maquetas de la fotografía permiten implementar procesos industriales manejando de forma independiente o conjunta cuatro variables: presión, temperatura, nivel y caudal. Una descripción detallada de cada uno de los sistemas físicos del laboratorio se puede encontrar en la página web del laboratorio: <http://www.lra.unileon.es>



Figura 1. Vista parcial del laboratorio

El nivel de control del laboratorio está vertebrado sobre una red de comunicaciones basada en *Industrial Ethernet* y formada por Autómatas Programables (Simatic S7 314 2DP con procesadores de comunicaciones *Industrial Ethernet* CP-343-1 IT y Premium Unity TSX P57 254 con módulos ethernet TCP/IP

TSX WMY 100), Sistemas de Control Distribuido Opto22 y PC's. El enlace con el nivel de campo se realiza, dependiendo de cada sistema físico, de diferentes maneras. Así, los sistemas de variación de velocidad se integran en la red de comunicaciones a través de una tarjeta de comunicaciones Profibus DP (Periferia Descentralizada), que les convierte en esclavos de una red Profibus. Las maquetas industriales forman, en unos casos, parte de una red Profibus (si el acceso a sus variables se realiza a través de tarjetas ET200S de periferia descentralizada) y, en otros, cuando el control elegido es un controlador Opto22 con tarjeta de red Ethernet, forman parte directamente de ésta.

La arquitectura lógica de acceso remoto a este laboratorio se basa en la utilización de cuatro servidores principales: dos de ellos disponen de puertos abiertos sirviendo a internet (servidor web y servidor *unicast/multicast*) y otros dos no (SGBD-servidor de base de datos y servidor de autómatas). Un aspecto importante en la actualidad es que los servidores se encuentran en una red DMZ (arquitectura *Screened Subnet*, también conocida como *De-Militarized Zone*). Esta DMZ es una red pequeña y aislada situada entre la red privada e Internet en la que normalmente se permiten las conexiones entrantes desde Internet y las conexiones salientes desde la red de la Universidad de León, pero no las entrantes hacia esta universidad.

El intercambio de información entre los diferentes sistemas de control se puede realizar a través de servicios específicos de enlace y también mediante estándares OPC. Estas estructuras permiten la utilización de cualquier sistema control independientemente de los módulos de adquisición de datos cableados a los instrumentos, lo que aporta una gran flexibilidad al conjunto del laboratorio.

Sobre este laboratorio, se incorporó como sistema físico una maqueta industrial ubicada en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Gijón, utilizando como enlace un servicio basado en OPC. Así, de una forma relativamente sencilla, los usuarios que manejan esta maqueta disponen de toda la potencialidad en cuanto a cálculo, video, seguridades, accesos, etc. que ofrece la arquitectura del Laboratorio Remoto de León, siendo totalmente transparente e independiente de la localización geográfica de los equipamientos. En la Figura 2, se representa de forma esquemática la estructura del Laboratorio Remoto de León y la integración de la maqueta (denominada Maqueta 4 en la figura) de la Universidad de Oviedo en el mismo (la maqueta se encuentra en el Campus de Viesques – Gijón).



Figura 2. Estructura de comunicaciones del laboratorio

4. Experiencias realizadas

Con el fin de ensayar de una manera efectiva esta estructura y acomodarla a nuevas formas de trabajo, se planteó la realización de experiencias dentro de los programas de las asignaturas de Regulación Automática II de la titulación de Ingeniero Industrial (6º curso) en la Universidad de Oviedo y en la asignatura de Ingeniería de Control de la titulación de Ingeniero Industrial en la Universidad de León (5º curso). En ambos casos, los alumnos tenían que realizar una práctica de forma remota vía Internet sobre el sistema físico ubicado en su universidad para, a continuación, hacerlo también de forma remota, pero sobre el sistema físico situado en la otra Universidad.

Previo a la realización de las experiencias, los alumnos accedían a un entorno facilitado por el servidor web (radicado en León) del laboratorio donde se registraban, recibiendo a continuación, por correo electrónico, su nombre de usuario y clave de acceso que les permitía acceder al laboratorio con las restricciones asociadas a la asignatura en la que se encuentran matriculados. En la Figura 3, se representa una captura de la pantalla del registro.

Para la realización de cada práctica, se suministra a los alumnos un entorno con el enunciado del trabajo a desarrollar, las tareas a realizar, así como una serie de informaciones complementarias y de utilidad. Además, a través de este entorno, se va a canalizar toda la información del trabajo realizado: programación y/o parametrización del sistema de control, visualización en línea de todas las variables del sistema, manejo de sinópticos interactivos del sistema físico, video en tiempo real del comportamiento

Figura 3. Captura de la pantalla del registro de alumnos.

del sistema físico y control remoto de la cámara asociada, etc. [15]. En la Figura 4, se muestra una captura de pantalla de este entorno.

Durante la realización del experimento, todos los valores de las variables y las acciones y eventos del sistema físico son registrados en el servidor de base de datos del laboratorio con un periodo de muestreo de 200ms. Una vez finalizada la experiencia, el alumno tiene la capacidad de seleccionar el intervalo de tiempo (entre fechas) en el que desea recuperar los

datos del experimento. Fijado el intervalo, se le ofrecen varias alternativas para la exportación de dichos datos en función del tratamiento posterior que sea necesario realizar: xml, csv, binario y texto. Los alumnos pueden decidir que los datos les sean enviados adjuntos en un correo electrónico o bien descargarlos en el ordenador local donde están trabajando.

Una vez que los alumnos han finalizado todas las tareas y decidido el formato en que quieren realizar el tratamiento de los datos de sus experimentos, estos datos pueden ser analizados



Figura 4. Entorno de trabajo remoto via Internet.

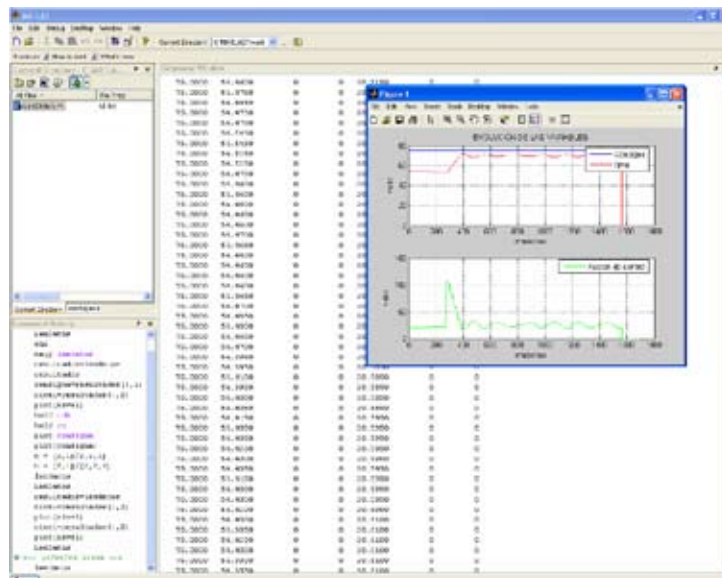


Figura 5. Tratamiento de los datos descargados con Matlab.

mediante programas de cálculo. Para ello, a modo de ejemplo, se muestra en la Figura 5 cómo son tratados desde Matlab los datos de un experimento y los resultados que se obtienen.

Finalizado el análisis de los datos, el alumno puede decidir la realización de nuevas experiencias en las que efectúe los ajustes y sintonizaciones adecuados para conseguir las especificaciones requeridas en la práctica.

5. Conclusiones

La incorporación de la maqueta industrial de la Universidad de Oviedo al Laboratorio Remoto de Automática de la Universidad de León ha permitido validar la plataforma tecnológica desarrollada por el Grupo de Automática de León de varias formas:

- Desde dos ámbitos académicos distintos (Gijón y León), se han desarrollado dos experiencias formativas en modo compartido. Tanto los alumnos de Gijón como los alumnos de León han desarrollado ambas experiencias. Una de las experiencias fue diseñada por profesores de Gijón y otra fue diseñada por profesores de León. Se está compartiendo no sólo el equipamiento, sino el *Know-How* docente, con lo que los alumnos se ven enriquecidos por los diferentes matices presentes en cada experiencia.
- Se ha incorporado un equipo de prácticas (maqueta de Gijón) al Laboratorio Remoto de Automática de la Universidad de León de una forma satisfactoria. Los

alumnos de una y otra universidad han trabajado sobre ese equipo sabiendo dónde se encuentra físicamente, pero no han notado diferencias ni en el interfaz de trabajo, ni en los tiempos de acceso ni en la forma de trabajar con respecto a uno de los equipos de la Universidad de León.

- Se dispone de medidas para evaluar la eficiencia de la plataforma a nivel de comunicaciones (periodos de muestreo desde que los datos son capturados en Gijón hasta que son almacenados en el Laboratorio Remoto de León).

Se observa que esta metodología de aprendizaje-formación involucra a los alumnos más en el proceso de aprendizaje, ya que, desde el principio, ellos no son agentes pasivos que sólo engullen información, sino que deben tomar un papel más activo. Se incentiva un proceso volitivo desde el comienzo para que realicen las actividades propuestas porque ellos deben activar "su" cuenta, configurar "sus" sistemas de control, controlar "sus" equipos, descargar "sus" datos, tratarlos, etc. Comienzan a hacer suyas las experiencias, con lo que el alumno es el elemento central, el iniciador del proceso formativo, y el profesor es visto como una ayuda o experto al que acudir.

Esta metodología no supone que los profesores se ven descargados de trabajo, más bien al contrario, porque los equipos físicos se pueden aprovechar de una forma racional y por más alumnos. Este mayor aprovechamiento significa que los profesores deben generar actividades y contenidos motivadores (no es sencillo) y sobre equipos con instrumentación real (complejidad añadida), con lo que el trabajo del profesor se

centra más en determinar qué experiencias fomentarán más el aprendizaje activo, o autoaprendizaje, de los alumnos. La ventaja de esta metodología es que el profesor puede disponer de herramientas que le permiten conocer el aprovechamiento de los alumnos. Por tanto, el profesor cambia de ser el centro de la formación a ser un dinamizador u orientador de la misma y son los alumnos los que realmente se forman a sí mismos, con lo que la formación (el poso que permanece después de la acción formativa) es mucho más duradera, porque supone un esfuerzo personal mayor por parte del alumno.

6. Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Proyecto sobre la Convergencia Europea en las Universidades de Castilla y León: “*Red Interuniversitaria para la validación de nuevas metodologías docentes basadas en Laboratorios Remotos*” Orden EDU/1586/2005 de la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León.

7. Referencias

- [1] The European higher education area. Joint declaration of the European Ministers of Education Convened in Bologna on the 19th of June 1999.
- [2] DORMIDO, S. “Control learning: Present and future”. Proc. 15th IFAC World Congress on Automatic Control, pp. 81-103. Barcelona, Julio 2002.
- [3] WELLSTEAD, P. E. “Teaching control with laboratory scale models”. IEEE Trans. Educ., Vol. 33, pp. 285–290. 1990.
- [4] POINDEXTER, S. E.; HECK, B.S. “Using the Web in your courses: What can you do? What should you do?”. IEEE Control Syst. Mag., Vol. 19, No. 1, pp. 83–92. 1999.
- [5] MALGORZATA, S. Z. “Enhancing Good Teaching Practice in control Education Through Hypermedia Instruction and Web Support”. International Conference on Engineering Education. Manchester, 2002.
- [6] BEER, D., WIDMAIER, B., “Cluster as an approach for knowledge-management in regions”. International Conference of the Regional Studies Association. Gdansk. 2001. European Commission, E-learning, Designing Tomorrow’s Education. 2005
- [7] Fundación Auna, España 2003. Informe anual sobre el desarrollo de la Sociedad de la Información en España. Ed. Fundación Auna. Madrid, 2003.
- [8] European Comission. E-learning, Designing Tomorrow’s Education. 2005.
- [9] DOMÍNGUEZ, M., REGUERA, P., FUERTES, J.J., “Laboratorio remoto para la enseñanza de la Automática en la Universidad de León. (España)”. RIAI Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Vol 2, No 2, pp. 36-45. 2005.
- [10] KO, C.C.; CHEN, B.M.; CHEN, J. Creating Web-based Laboratories. Series: Advanced Information and Knowledge Processing, XVI. 2005.
- [11] GILLET, D.; NGUYEN, A.V.; REKIK, Y. “Collaborative Web-based Experimentation in Flexible Engineering Education”. IEEE Transactions on Education, Vol 48, No 4, pp. 696-704, 2004.
- [12] CASINI, M.; PRATTICIZZO, D.; VICINO, A. “The automatic control telelab”. Control Systems Magazine IEEE. Vol. 4, No. 3, pp. 36- 44, 2004.
- [13] VOLKER, M.; LIEFELDT, A.; ENGELL, S.; SCHMID, C. “LEARN2CONTROL: a project-oriented approach to teaching control engineering”. IEEE International Symposium on Computer Aided Control Systems Design, pp. 184- 189, 2004.